

**Elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de
residuos sólidos de construcción y demolición (RCD)**

María Alejandra Garzón Vargas & Fabián Alejandro Clavijo Ángel

Trabajo Final presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Industrial

Universidad Antonio Nariño

Facultad Ingeniería

Programa Ingeniería Industrial

Villavicencio - Meta

2020

Nota de Aceptación

María Alejandra Garzón Vargas

Fabián Alejandro Clavijo Ángel

Comité Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

“El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y guía en este proceso de llegar a tan anhelada meta.

A nuestros padres y hermanos, por su amor, compañía y apoyo moral en todos estos años, ustedes han sido una de las razones por las cuales hemos llegado hasta aquí y convertírnos en lo que somos”.

Agradecimiento

Queremos expresar profundo agradecimiento a cada una de las personas que de cierta manera han estado presentes durante este proceso académico, brindándonos apoyo moral, emocional y educativo.

De igual manera manifestar orgullo y gratitud a nuestra Universidad Antonio Nariño por aportar a través de sus docentes los conocimientos necesarios para formarnos como profesionales

Resumen

Este proyecto se realizó con el fin de presentar una alternativa para la reutilización de residuos provenientes de la industria de la construcción, para ello se propone la fabricación de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD). La importancia de esta investigación radica en la disposición incorrecta de estos residuos, lo cual se ha convertido en una problemática social y ambiental. Para la realización de este proyecto se establecieron cuatro etapas, donde se inició con la caracterización de los RCD, teniendo en cuenta información consultada sobre estudios, ensayos, análisis y pruebas de laboratorio que determinaron las propiedades mecánicas que permitieron establecer los componentes para la fabricación del bloque. Posteriormente se obtuvo el agregado a través de un proceso de trituración, logrando reducir este residuo en fracciones granulométricas de $\frac{3}{4}$ " (19.0 mm). Luego se procedió a la fabricación del bloque, en esta etapa se describe el procedimiento para su fabricación, junto con dimensiones, peso y los equipos utilizados en este proceso. Finalmente se realizaron pruebas de resistencia a la compresión de cada uno de los especímenes elaborados para determinar si cumplían con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana 673; dando resultados favorables a la resistencia del bloque.

Palabras clave: Especímenes, Resistencia a la Compresión, Disposición, Granulometría, Agregado, Caracterización, Pruebas Mecánicas, Propiedades.

Abstract

This project was carried out in order to present an alternative for the reuse of waste from the construction industry, for which it is proposed the manufacture of a modular block made with aggregate obtained from solid construction and demolition waste (RCD). This research lies in the incorrect disposal of these wastes, which has become a social and environmental problem. Four stages were established to carry out this project, which began with the characterization of the RCD, taking into account the information consulted. on studies, trials, analysis and laboratory tests that determined the mechanical properties that allowed to establish the components for the manufacture of the block. Subsequently, the aggregate was obtained through a crushing process, reducing this residue in granulometric fractions of $d_{75} = 19.0$ mm. Then the block was manufactured, at this stage s and describes the procedure for its manufacture, along with dimensions, weight and the equipment used in this process. Finally, compressive strength tests were performed on each of the specimens made to determine if they met the requirements established in Colombian Technical Standard 673; giving favorable results to the resistance of the block.

Keywords: Specimens, Compressive Strength, Arrangement, Granulometry, Aggregate, Characterization, Mechanical Tests, Properties.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Problema de Investigación	11
Descripción	11
Planteamiento	13
Justificación	14
Capítulo 2 Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Capítulo 3 Marco de Referencia	17
Marco Teórico	25
Marco Conceptual	29
Marco Geográfico	31
Marco legal	33
Capítulo 4 Diseño Metodológico	37
Tipo de Investigación	37
Técnicas para la recolección de información y análisis de los resultados	39
Capítulo 5 Resultados	45
Capítulo 6 Conclusiones	57
Capítulo 7 Recomendaciones	59
Lista de Referencias	60
Anexos	57

Lista de Tablas

Tabla 1. Normatividad colombiana en el manejo de residuos RCD	34
Tabla 2. Variables evaluadas en los ensayos del laboratorio	37
Tabla 3. Resultados ensayos de laboratorio para agregado fino	46
Tabla 4. Granulometría agregado fino para concreto estructural	47
Tabla 5. Resultados ensayos de laboratorio para agregado grueso T _{max} N 19.0 mm- 3/4”	48
Tabla 6. Granulometría agregado grueso para concreto estructural	49
Tabla 7. Resultados ensayos de laboratorio para material (Reciclado) T _{max} N 50.0 mm- 2”	50
Tabla 8. Resistencia a la compresion del concreto	55

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación empresa Geominerales S.A	32
Figura 2. Moldes en madera para los bloques	42
Figura 3. Ensayo de asentamiento del concreto	43
Figura 4. Elaboración del bloque	43
Figura 5. Curva granulométrica agregado fino	47
Figura 6. Curva granulométrica agregado grueso	49
Figura 7. Curva granulométrica agregado grueso-Reciclado	51
Figura 8. Diagrama de flujo proceso de transformación del material reciclado en agregado	52
Figura 9. Dimensiones del bloque modular	53
Figura 10. Bloque modular con residuos RCD	54
Figura 11. Ensayo resistencia a la compresión bloque-espécimen.	54
Figura 12. Tipos de falla del concreto	56

Lista de Anexos

Anexo A. Diario de campo	57
Anexo B. Lista de verificación materiales RCD	61

Capítulo 1

Problema de Investigación

Descripción

Los residuos de construcción y demolición (RCD) o escombros como son llamados en algunos países de Latinoamérica, son en general materiales de desecho generados durante actividades de obra civil, incluyendo estructuras, materiales que se han deteriorado, materiales rechazados, actividades de excavación y material que queda al finalizar la obra, entre otros (Robayo, 2013). Actualmente según cifras del ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, en Colombia se generan más de 22 millones de toneladas cada año; los tres grandes generadores de RCD en el país son los proyectos de construcción, obras públicas y obras domiciliarias (Viáfara, 2017).

La construcción de obras civiles tiene como finalidad satisfacer necesidades básicas a las personas, adecuando el entorno y mejorando la calidad de vida. Sin embargo, actualmente no se realiza un manejo adecuado de los residuos generados en las distintas etapas del proceso; dando inicio en la selección de los materiales hasta el desarrollo de las obras. Los RCD exigen un manejo diferente a los residuos domiciliarios debido a los diferentes materiales que lo componen.

La gestión de residuos RCD representa un grave problema medioambiental en muchos países, principalmente debido al gran volumen generado, el bajo nivel de recuperación y la falta de prevención de residuos. En Colombia todo lo relacionado con RCD está reglamentado bajo Resolución No. 0472 del 28 de febrero de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017), aunque en ella se determina la necesidad de adoptar disposiciones dirigidas al fortalecimiento de la gestión integral de residuos RCD; se evidencia que gran cantidad de estos

residuos o escombros son abandonados en sitios inadecuados; es notorio el bajo nivel de aprovechamiento, prevención y reducción de dicho material; debido al interés generado por esta problemática surge la necesidad de crear alternativas sostenibles y que minimicen el deterioro ambiental.

Según información de la Cámara de Comercio de Villavicencio, la ciudad cuenta con 547 empresas dedicadas a la construcción de edificaciones y a la demolición, las cuales se encuentran registradas y son potenciales productoras de residuos sólidos de construcción y demolición. (Camara de Comercio, 2019).

Villavicencio produce a diario cerca de 50 toneladas de escombros, las edificaciones destinadas a uso residencial generan un estimado de $0,144 m^3$ de residuos por cada m^2 construido, las empresas constructoras de Villavicencio emplean en mayor medida la disposición de residuos del 50% (Varela, 2015); por lo tanto, tendrán que ser llevados obligatoriamente a una escombrera; en consecuencia, la empresa Bioagropecuaria del Llano S.A, ubicada en la Vereda San Juan Bosco, entre los predios El Placer, Brasil y Furatena, en el Km 18 vereda Caños Negros, de la vía que conduce al corregimiento de Puerto Porfía; es la única entidad en la actualidad autorizada para recibir y acopiar este material. Dentro de los RCD hay materiales de construcción y demolición, concretos, agregados sueltos de demolición: grava, gravilla, arena, recebo, suelo y subsuelo de excavación, ladrillo, cemento, acero y mallas. Cabe destacar que esta empresa no realiza la clasificación de ningún tipo de residuo de construcción y no genera transformación del material. (Bioagropecuaria, 2019).

La industria de la construcción ha asumido un papel importante en el desarrollo de las sociedades, debido a que es responsable de la creación de proyectos los cuales contribuyen al crecimiento económico; a su vez, es uno de los responsables de la generación de residuos,

consumo de recursos, transformación del entorno y contaminación (Hernandez A. , 2015). Por tal motivo, es pertinente que con el desarrollo de nuevos materiales a partir de residuos RCD, se pueden obtener diferentes productos o elementos, entre ellos bloques resistentes a partir de una materia prima con muy bajo costo, además aumentaría la cantidad de materiales aprovechables en las plantas de gestión de residuos de construcción y demolición; como indica Ramírez en su documento “*Ladrillos más económicos y resistentes a partir de residuos de construcción*” en el año 2016, esto puede suponer una solución efectiva para el desarrollo de proyectos de vivienda e infraestructura con gran impacto económico, social y ambiental.

Planteamiento

El problema ambiental que plantean los RCD se deriva no solo del creciente volumen de su generación, sino de su tratamiento, que todavía hoy es insatisfactorio en la mayor parte de los casos. La insuficiente prevención de la producción de residuos en origen se une al escaso reciclado de los que se generan. (Parrado, 2016)

La problemática de los RCD producidos, ha logrado que desde el orden nacional se implementen las normas que regulan estos residuos. Esta normativa busca que los municipios tengan las herramientas necesarias para realizar el control de los RCD; también se han llevado a cabo estudios acerca de las perspectivas y limitantes de estos residuos, diagnósticos técnicos del aprovechamiento, estudios de cuantificación y caracterización de los RCD, entre otros (Suarez, 2018). Según lo anteriormente mencionado en la ciudad de Villavicencio se logró evidenciar una problemática que inicia desde la falta de información o desconocimiento de los agentes generadores, la falta de control de los organismos de seguimiento y la sociedad en general, acerca del manejo de RCD; adicionalmente son dispuestos habitualmente en lotes vacíos, vías,

fuentes hídricas y rellenos sanitarios, disminuyendo la vida útil de estos lugares, lo que genera impactos ambientales en factores como: suelo, aire, agua, flora, fauna y paisaje (Suarez, 2018).

En la actualidad, en Villavicencio se carece de plantas en donde se lleve a cabo el aprovechamiento de residuos RCD; problemática que se viene presentando en la ciudad con el manejo de estos residuos, se busca fomentar el aprovechamiento de materias primas, la reutilización y reciclado de los RCD para la fabricación de nuevos productos que cumplan con las especificaciones normativas vigentes para su utilización como material de construcción; aportando al desarrollo del país a través de soluciones innovadoras y sostenibles que agreguen valor a la industria; ante toda esta situación planteada surge el siguiente interrogante.

¿Qué producto se puede obtener a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos RCD, que sirva para levantar muros en la industria de la construcción y que ayude a reducir el impacto ambiental?

Justificación

En Colombia, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se producen 11,6 millones de toneladas de residuos al año, y tan solo se recicla el 17%. En el caso de Villavicencio para el año 2017 se estaban produciendo alrededor de 5.161 toneladas de escombros. Teniendo en cuenta el potencial de reciclaje, la reutilización de los materiales de construcción y demolición (RCD), el presente proyecto tiene como objetivo fundamental realizar la elaboración de un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos sólidos RCD como materia prima, planteando una alternativa en la ciudad de Villavicencio; se busca incentivar el aprovechamiento de los residuos de construcción y prevenir la contaminación sobre los recursos naturales aire, agua, suelo, la cual causa riesgos para la salud de la población. Por lo

anterior, se pretende realizar nuevas estrategias para disminuir la problemática ambiental relacionada con la inadecuada disposición final de RCD.

Los RCD se pueden integrar en materias primas re-incorporables a los ciclos económicos y productivos, mediante procesos de aprovechamiento y valorización, con características de calidad que los hacen potencialmente competitivos respecto a los que se disponen en el mercado y en especial los que tienen que ver con los proyectos de desarrollo de infraestructura urbana, vial y construcción de vivienda (Gaitan, 2016). El propósito es aprovechar los residuos RCD para crear bloques que sean de fácil montaje y que faciliten la construcción de viviendas, el producto que se propone desarrollar consiste en bloques encajables tipo Lego, con el propósito de acoplarse con los demás bloques que se encuentran debajo y encima del mismo; los bloques al encajar entre si generan un nivel de adherencia, por lo que no habrá necesidad de cimentaciones especiales (Franco J. T., 2018).

Capítulo 2

Objetivos

Objetivo General

Elaborar un bloque modular hecho con agregado obtenido de residuos de construcción y demolición (RCD) para ser utilizado en las diferentes obras civiles.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los materiales encontrados en la escombrera de residuos de construcción y demolición (RCD)
- Obtener el agregado a partir de residuos sólidos (RCD)
- Fabricar un bloque modular con el agregado obtenido a partir de los residuos RCD.
- Analizar las propiedades mecánicas del bloque modular.

Capítulo 3

Marco de Referencia

(Martínez R. , 2015) Este documento habla sobre la caracterización de los residuos RCD; de los materiales a utilizar, se deben tener en cuenta lo heterogéneos que pueden ser útiles en la etapa de reciclado, y ya que los residuos de hormigón y ladrillo tienen similitudes ante el proceso de trituración sin importar que los últimos sean secados al aire u cocidos, son escombros óptimos para aprovechamiento, es decir tienen semejanzas físicas en cuanto granulometría, y comportamientos físicos con la combinación de aditivos, siendo estos residuos agregados del producto final.

(Yajnes, 2016) Este artículo relata sobre una propuesta constructiva con materiales reciclados, se fabricaron bloques de construcción para muros exteriores. Se trata de bloques tricapa: capa exterior de mortero de cemento con la inclusión de aditivo y color, la segunda capa de hormigón con agregados gruesos y la tercer capa o cara interior de lechada de mortero de cemento para sellar la superficie y evitar desgranado en la manipulación. La selección de materiales se relacionó directamente con criterios de reciclaje y aprovechamiento de los residuos de la propia obra o de obras anteriores, en un proceso que se desarrolló desde las etapas proyectuales hasta la concreción de la misma, apuntando a la puesta a punto de pautas técnicas y metodológicas que sirvan de paradigma en futuras construcciones; basándonos en una filosofía que promueve la mejora en la calidad de vida de las personas y la preservación de nuestras fuentes de recursos.

(Montoya, 2017) Los sistemas de estructuras laminares suelen utilizar el bloque de concreto o el ladrillo con el concreto cuando se trata de mampostería estructural y los sistemas de muros macizos están constituidos a veces casi en un 100% por el concreto reforzado, también conocido

con el nombre de hormigón armado. Los resultados, llevaron a confeccionar prototipos de elementos prefabricados de uso común en la construcción en la ciudad de Medellín, como es el caso de los bloques huecos de hormigón para muros; para estos prefabricados se escogió la mezcla cuyos áridos eran reciclados de concreto demolido, por ser este el escombros más abundante. La importancia de la recolección selectiva radica en la oportunidad de separar residuos potencialmente reciclables de aquellos cuyo componente orgánico contaminaría la totalidad de la carga. La recogida selectiva permite que los escombros que todavía pueden cumplir un ciclo productivo lo hagan, sin verse afectados por otros escombros como la madera o la tierra, cuyo alto contenido de materia orgánica cortaría el proceso de reutilización o reciclaje de los residuos inertes como el concreto, el ladrillo o el mortero de pega para baldosas y muros.

(Perez, 2015) En la actualidad muy poco hormigón demolido es reciclado o reutilizado en cualquier parte del mundo. La pequeña cantidad que se recupera es sobre todo reutilizable como base o sub base en carreteras en construcción. Reciclar el hormigón para producir hormigón estructural de calidad para otros usos, distintos que el de pavimentos, es técnicamente posible. Para ello se ha establecido el plan de ensayos en el que se han investigado las características de las dosificaciones utilizadas y las mejoras a introducir. Cabe esperar, por eso, que el coste extra que ahora es, comúnmente, cargado en el proceso de triturado y machacado del viejo hormigón, pueda ser más bajo una vez que la fase inicial de desarrollo haya concluido. También, el precio de los áridos convencionales, probablemente, continúe incrementándose en el futuro debido a la escasez de los materiales en bruto y a que los costos de transporte siguen en alza.

(Sandoval, 2016) El presente trabajo es una herramienta de importancia, ya que brindó una guía y fundamentos para complementar el porqué, el cómo, y para que de este proyecto. Permitted complementar la información de valor como que, el ladrillo es el material de mayor costo en la

construcción de una vivienda es por esto que muchas familias de escasos recursos optan por reemplazar las paredes de su vivienda por plástico, cartón, madera, láminas de zinc. Estos materiales no brindan el confort de una pared construida con ladrillos, además la mayoría de estos son fácilmente inflamables, trayendo como consecuencia incendios en los que por una chispa de fuego en una vivienda se propaga rápidamente, en algunas situaciones arrasando con un asentamiento humano completamente.

(Suarez, 2018) A pesar de que en Colombia se han dado avances acerca de la gestión de los residuos provenientes de las actividades constructivas, en ciudades como Villavicencio, no existen estudios a fondo acerca de su generación y manejo. Por ello, el objetivo de este artículo, consiste en identificar el estado actual, las barreras y los instrumentos que podrían ayudar a mejorar la gestión de los residuos de construcción y demolición en esta ciudad. En este artículo se aplicaron técnicas de recolección de información como encuestas, los datos obtenidos se analizaron por medio de un análisis estadístico empleando el software IBM SPSS y por medio del enfoque de análisis multiatributo.

(Pacheco, 2017) En este artículo se presentan los resultados de un estudio realizado a 75 obras localizadas en las diferentes zonas de la ciudad de Barranquilla, en donde se realizaron encuestas en temas de manejo, tratamiento y disposición final, al tiempo que se indagó sobre el conocimiento de la legislación local para el manejo de los RCD. A partir de los resultados obtenidos, se identificó que las prácticas de gestión de RCD que actualmente el gremio de la construcción está llevando a cabo no son las adecuadas y como solución se plantea una propuesta de mejora para el modelo de gestión, involucrando aprovechamiento y transformación, con el propósito de que sea implementado en la ciudad en los siguientes años. En este artículo se elaboró y se aplicó un instrumento tipo encuesta, luego se tabulo la información para establecer

las tendencias en cada una de las temáticas referidas. También se llevó a cabo un diagnóstico de los sitios o botaderos a cielo abierto en donde se están depositando actualmente los RCD sin ningún control.

(Molina, 2018) En este artículo se presenta, a modo de diagnóstico, la gestión actual de los residuos RCD en la ciudad de Ibagué-Colombia, se analizan sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Para llevar a cabo el estudio, se estableció contacto directo con 56 empresas constructoras localizadas en Ibagué. Adicionalmente se visitaron organismos institucionales, escombreras. Por la información y datos obtenidos, se observó que las empresas presentan poco conocimiento sobre la problemática asociada a los RCD y sus diferentes sistemas de gestión. Se encontró también que los residuos producidos en las actividades constructivas son depositados en el vertedero por la mayoría de las empresas analizadas. En este artículo se empleó el método de observación y el método inductivo; las técnicas y procedimientos empleados fueron: recopilación, selección, estudio y análisis. Para la recolección de la información se aplicó cuestionario, encuestas, toma de registro fotográfico; para el análisis de la información se representó de forma escrita y en tablas. Teniendo en cuenta los resultados se realizó un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para obtener nuevos conocimientos sobre aspectos cruciales en esta temática.

(Zambrano, 2015) En este artículo se describe los métodos utilizados en la elaboración de bloques con residuos de construcción y demolición; para la selección de los residuos se escogieron los residuos de hormigón, ladrillo y asfalto, para la clasificación se realizó de manera manual en cajonetas, lo que permitió llevar un control del volumen de cada uno; en esta clasificación se separaron los materiales considerados contaminantes, una vez realizada la clasificación se procedió a la aplicación del tratamiento mecánico que consiste en la trituración

de los residuos, para ello se utilizó una trituradora mecánica y de esta manera se obtuvo la materia prima que fueron los áridos. Para la recolección de información se elaboró una ficha de observación y los datos diarios se convirtieron en registros semanales

(Monroy, 2015) El desarrollo de la investigación experimental se hizo mediante un proceso sucesivo, que inició con la recolección de RCD, y prosiguió con trituración, ensayos de laboratorio a los agregados, diseño de mezcla, elaboración del bloque. También se consiguieron los resultados de pruebas de resistencia y absorción a los bloques, según el porcentaje de agregado natural y RCD utilizado. En este artículo se aplicó una evaluación con el análisis de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los materiales reciclados, para determinar las características finales del bloque en su presentación final.

(Castaño, 2015) Este trabajo permitió ver que los residuos de construcción y demolición, son considerados inertes, no peligrosos y poseen alta susceptibilidad de ser aprovechados mediante transformación y reincorporación como materia prima de agregados en la fabricación de nuevos productos. Lo adecuado, sería, separar los diferentes residuos en obra y entregar los RCD a un gestor autorizado para su total valorización, tema que aplican en los países desarrollados. El esquema de funcionamiento básico de una planta de tratamiento es el siguiente: al ingresar los camiones volqueta, procedentes de las diferentes obras de la ciudad, se procede a una inspección visual de la mezcla, pesaje y determinación del tratamiento posterior del residuo. En esta zona es donde se fijará el costo de la gestión, dado que el material separado desde obra tendrá algún incentivo. Una vez el residuo es aceptado, pasa a la zona de descarga para la separación por medios manuales o mecánicos de los distintos componentes, para posteriormente introducirla a la línea de trituración y separación, compuesta por machacadora de mandíbulas, triaje manual,

sistemas de cribado y zona de acopio por fracciones granulométricas. Estos agregados pueden ser empleados en constitución de bases, sub bases y mezclas hidráulicas.

(Montesdeoca, 2018) El presente trabajo de investigación, da a conocer una serie de resultados, los cuales tienen que ver con la aplicación del uso de residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón. Los resultados obtenidos determinan que los bloques elaborados, tanto con el 75% y 100% de residuo, están dentro de los parámetros requeridos, es decir, cumplen las resistencias por elemento mayor a 3.5 MPa , con una resistencia promedio de 4.0 MPa . Asimismo, al tener una densidad mayor a 2000 kg/m^3 . Los bloques son considerados de tipo normal con una absorción menor a 240 kg/m^3 por unidad, con un promedio menor a 208 kg/m^3 . Esto demuestra que el uso de los RCD garantiza las propiedades requeridas en los elementos prefabricados, evidenciando que las propiedades físicas, químicas y mecánicas de estas materias recicladas son una alternativa a los agregados naturales.

(Asensio, 2018) Frente a la incorporación de escombros a materiales con nuevo uso están las investigaciones realizadas por el Arquitecto Carlos Duika, docente e investigador colombiano egresado de la Universidad Nacional de Colombia, en donde con un procedimiento de recolección y reutilización de RCD seleccionados por su capacidad física dan como resultado elementos tales como adoquines, agregados para concreto con una alta calidad y capacidad portante, según lo menciona su fundador, es de resaltar que es uno de los principales referentes en el sistema de aprovechamiento en obra

(Hudson, 2015) La presente investigación busca proponer alternativas para el uso del Ladrillo, para esto se realizó el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los ladrillos elaborados de manera mecanizada como en empresas que tratan los aspectos e impactos ambientales potenciales ya sea por la utilización de recursos y por las consecuencias ambientales de las

emisiones o por los vertimientos a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final. En donde se realizaron encuestas en temas de manejo, tratamiento y disposición final, al tiempo que se indagó sobre el conocimiento de la legislación local para el manejo de los RCD. A partir de los resultados obtenidos, se identificó que las prácticas de gestión de RCD que actualmente el gremio de la construcción está llevando a cabo no son las adecuadas y como solución se plantea una propuesta de mejora para el modelo de gestión (involucrando aprovechamiento y transformación) con el propósito de que sea implementado en los siguientes años.

(Lizarazo, 2015) El presente trabajo ilustra algunas de las ventajas y usos del concreto reciclado; Finalmente Foster dice que el concreto reciclado es una alternativa viable para ser usado en el concreto de construcción, particularmente en donde los agregados naturales tienen que ser transportados a distancias considerables y donde la disposición final de concreto viejo es un problema. Las experiencias han mostrado que, con una apropiada planeación, técnicas de construcción y pruebas de control, la calidad de concreto hecho usando agregados de material reciclado es apropiada.

(Medeiros, 2016) Este artículo exploró la posibilidad de utilizar agregados reciclados de los residuos de la construcción para reemplazar los agregados naturales con el fin de mejorar la capacidad de soporte del suelo blando, con respecto a su resistencia a la compresión. Se utilizaron los desechos de construcción para hacer muestras de concretos reciclados. La resistencia de los hormigones con agregados naturales se comparó con la resistencia de los agregados reciclados. Los resultados muestran que todas las muestras cumplieron con la resistencia a la compresión mínima especificada para las pilas de compactación utilizadas para

mejorar la capacidad de carga de los suelos blandos. El concreto con agregado reciclado de la etapa estructural tenía resistencias aún mayores que el concreto con agregados naturales. Este comportamiento se atribuyó a la gran cantidad de materiales cementosos en la composición de este tipo de concreto.

(Weil, 2016) El presente artículo es interesante porque describe que los RCD pueden contribuir decisivamente en el ahorro de recursos minerales. Además, que pueden ser usados en la parte de reciclaje cerrado y no únicamente en los circuitos abiertos como normalmente se viene realizando. Este trabajo fue importante para la justificación y propósito final del trabajo de investigación, ya que motivo a ir más allá de un simple reciclaje y brindar una opción de sostenibilidad y aprovechamiento de un material que normalmente lo que hace es generar un deterioro de recursos minerales y en muchas ocasiones genera contaminación en fuentes hídricas y de otros tipos.

(Lage, 2016) En este artículo se obtuvieron cinco agregados reciclados de concreto a partir de hormigones triturados con diferentes niveles de resistencia a la compresión que eran originalmente hechos con cuarcita triturada o granito como agregado grueso natural. Para el proceso, se utilizaron dos ciclos de trituración, el de la mandíbula; el primero se aplicó el ciclo a los hormigones. Partículas con un tamaño mayor de 20 mm fueron aplastados. Luego, los agregados reciclados se separaron en fracciones finas y gruesas con un tamiz de 4.75 mm. La similitud es aún más significativa para los agregados con la misma mineralogía, la distribución está influenciada en primer lugar por el aplastamiento y en segundo lugar por las propiedades de los residuos hormigón.

(Llatas, 2018) En el presente artículo se evaluaron diferentes categorías de impacto ambiental, teniendo como base el estudio respecto a los materiales de construcción y demolición,

la prevención fue el escenario más favorable, ya que, además de reducir el 60% de la cantidad de RCD generada, también habría reducido al menos el 60% de todos los impactos de las categorías analizadas ya que uno de los principales incentivos para realizar esta propuesta de investigación es la de contribuir a la minimización de los impactos ambientales, es pertinente usarlo dentro de las fuentes de esta investigación. Una de las metodologías usadas en esta investigación fue la de medir los diferentes escenarios de la gestión de los residuos sólidos de construcción y demolición; lo cual es una forma inteligente al momento de seleccionar y tomar decisiones ya que se tienen bases sólidas y justificadas. Y cuando se habla de comparación se puede decir que según estudios realizados al comparar un concreto compuesto con agregados naturales frente a otro compuesto de residuos reciclados de RCD el segundo obtuvo mejores resultados.

(Herrera, 2018) El artículo presente fue de utilidad ya que en él se estudian diferentes parámetros como la trabajabilidad, densidad, resistencia a la compresión, entre otras; las cuales fueron tomadas como variables y son las que darán la viabilidad respecto a la obtención del producto final. Fue un gran aporte ya que en él se compara los hormigones con agregado grueso natural y los hormigones con agregado medio natural y medio reciclado. Los resultados obtenidos arrojaron que las propiedades físico-mecánicas y relaciones de tensión-deformación fueron satisfactorias y se obtuvo una mayor tensión de falla con la tasa de reemplazo utilizada.

Marco Teórico

Dentro de los procesos de construcción modernos lo más importante a tratar, es la disminución en la explotación de recursos naturales para la elaboración de materiales como concretos, ladrillos y agregados provenientes de canteras y demás lugares, en los que debido a esta práctica se generan daños irreversibles al medio ambiente, por tal motivo día a día se han incentivado a los constructores a la sostenibilidad de sus proyectos. (Martínez R. , 2015)

La generación de RCD en la Unión Europea (UE) presenta diferencias notorias entre los Estados. Se observa que los residuos totales alcanzaron los 2.503 millones de toneladas en el año 2014. En Luxemburgo el 85%; en Malta el 75%; en Holanda, Alemania, Dinamarca y Reino Unido, 68%, 53%, 53% y 48%, respectivamente. En Estados Unidos se generaron 170 millones de toneladas de RCD con una tasa de recuperación del 48%, mientras que el restante 52% fue desechado a vertederos. La situación en Asia varía mucho de un país a otro; a excepción de Corea y Japón, existe poco conocimiento y concienciación sobre las prácticas de construcción eficientes. En general, en estos países se genera un 40% de RCD, que prácticamente no se recicla. (Silgado, 2018)

En Colombia se producen más de 22 millones de toneladas de residuos de construcción; según estudios realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el año 2011 se produjeron en las ciudades de Bogotá, Medellín, Santiago de Cali, Manizales, Cartagena, Pereira, Ibagué, Pasto, Barranquilla, Neiva, Valledupar y San Andrés 22.270.338 toneladas de Residuos de RCD. En el país la industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO_2 y el 40% de los residuos. Consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra. (Ministerio de Ambiente, 2016)

Los RCD, conocidos como escombros, constituyen un amplio porcentaje del total de residuos generados, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia frente a otros residuos como los domiciliarios, quizás por ser teóricamente inertes, por lo tanto, fácilmente eliminables. Este residuo se genera en cualquier tipo de obra, ya sea en trabajos de demolición, rehabilitación, reforma o nuevas construcciones. La composición de los escombros es muy variada. En principio, no deben contener ninguna fracción de plásticos, materia orgánica, papeles, entre otros. Sin embargo, la permanencia de estos residuos y la mezcla de residuos en las propias obras, los hace bastante

heterogéneos y difíciles de manejar. En general, se puede decir que el escombros está compuesto por un 20% de hormigón, un 50% de material de albañilería, un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos como maderas y partes metálicas. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

En Colombia surgió el marco de la Política de Gestión Ambiental Urbana la cual propuso desarrollar planes, procesos y lineamientos que ayuden a identificar los instrumentos que permitan abordar la problemática ambiental de todas las áreas urbanas en la nación y a cada una darles un tratamiento acorde a sus características (Ministerio de ambiente, 2015). Con esta política se generó una visión de ciudades sostenibles para ser acogida en acciones institucionales en un contexto de mejora de la gestión del ambiente urbano para la ciudad y el país, aspecto que reconoció la base, estructura natural o ecológica para determinar de qué forma se puede preservar y utilizar de manera óptima sus recursos, tal como lo ha gestionado diferentes países europeos, cuya base del proceso de manejo y gestión de los RCD parte de la identificación de los residuos y la separación según el origen (Minambiente, 2016), dicha política en su perspectiva de aplicabilidad busca llegar al modelo de una gestión de ciudades como por ejemplo: Sao Paulo, Salvador y otras de Brasil que desde el año 2002 integraron plantas de reciclaje de RCD siendo la primera nación en América latina que gestiona de manera óptima estos materiales (Suárez-Silgado, 2019).

Conforme con lo anterior, la política de gestión ambiental urbana para Colombia tiene como objetivo definir los lineamientos para el desarrollo sostenible de las áreas urbanas, determinar estrategias, instrumentos y métodos para la gestión pública y fortalecer el apoyo para la articulación interinstitucional de las autoridades ambientales. En concordancia, la política busca “mejorar el conocimiento y la educación de la base natural de las áreas urbanas, fortalecer la calidad de vida en sectores urbanos, implementar procesos de prevención y riesgo ambiental y promover el desarrollo urbano sostenible” (Ministerio de ambiente, 2015).

Las industrias que producen materiales tradicionales de construcción están siendo cada vez menos competitivas en el ámbito internacional. Por eso, algunos actores del sector están tomando cartas en el asunto, con el desarrollo de nuevos materiales a partir de escombros de la construcción o residuos sólidos industriales. La ventaja es que, además de ser ecológicos, son económicos.

Investigadores de la facultad de ingeniería de la Universidad del Valle, con el apoyo de la Fundación Fénix, han desarrollado una nueva aplicación que puede tomar la forma de ladrillo, bloque, adoquín o teja, que cumple las especificaciones técnicas establecidas en las normas de calidad. Este material emplea escombros como residuos de ladrillos, tejas, concreto, porcelana sanitaria, azulejos, adoquines, pisos y residuos sólidos industriales. Los bloques producidos a partir del material ecológico pueden alcanzar un precio de venta al público del orden del 60 por ciento del precio del ladrillo común. Si se tiene en cuenta que el 85 por ciento de la población de los países en vía de desarrollo carece de una vivienda digna, esta nueva aplicación puede ser una alternativa. (Colciencias, 2016)

Por lo anterior, se han encontrado documentos y estudios realizados sobre el uso de RCD, centrándose en las propiedades mecánicas y de resistencia del concreto con agregado reciclado, buscando encontrar resultados favorables en la reutilización de estos residuos, como lo describe Julio Vicente Castellanos en el documento “*Comparación estructural y estimación de costos de la utilización de concreto con agregados naturales y concreto con residuos de construcción y demolición (RCD) como agregado*” en el año 2017; en el cual se concluye que es posible realizar sustituciones de concreto fino reciclado en altos porcentajes para obtener altas resistencias en los concretos hidráulicos, el porcentaje más conveniente de remplazo está próximo al 30%, disminuyendo así la cantidad de material natural.

Casos exitosos relacionados con el aprovechamiento de escombros, son los evidenciados en Fortaleza (Brasil), en donde la comunidad se ha involucrado en el proceso de selección de los escombros in situ, facilitando el reusó de estos residuos. Así mismo, países como Chile y España han desarrollado programas de gestión integral de escombros que han favorecido el reuso de los mismos en la industria de la construcción (Sánchez, 2016).

Marco Conceptual

Agregado. Se denominan agregados o áridos al conjunto de gránulos, granos o partículas inertes que por su origen, tamaño y naturaleza están destinados a ser aglomerantes, y que en presencia del agua y el cemento forman el llamado concreto u hormigón. (Argos, 2018)

Aprovechamiento. Es el proceso mediante el cual, a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de construcción y demolición, se realiza su reincorporación al ciclo económico productivo en forma ambientalmente eficiente por medio de procesos como la reutilización y el reciclaje. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2018)

Bloque. El bloque de hormigón es uno de los elementos de mayor uso en la construcción. Es una pieza prefabricada vibro-compactada, que por lo general se emplea en el levantamiento de mampostería (estructural, no estructural). (NTC , 2016)

Caracterización de los residuos. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005)

Disposición final. Es el proceso de aislar y confinar los residuos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente. (Montaña, 2011)

Escombros. Es todo residuos sólido sobrante de las actividades de construcción, reparación o demolición, de las obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas susceptible o no de ser aprovechado, incluyendo los generadores por eventos o situaciones de emergencia, calamidad o desastre. Los escombros son de dos tipos de residuos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Especímenes. Significa muestra o ejemplar, sobre todo en la medida en que es representativa de una clase de objetos o entidades (Española, 2019).

Granulometría. La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 hasta 9.52 mm. (Valle, 2016).

Machacadora de mandíbulas. Están diseñadas para superar las necesidades de trituración primaria de los clientes de los sectores de canteras, minería y reciclaje. (Yepes, 2016).

Precibado o sistema de cribado. El precibado es el proceso por el cual los materiales se manipulan en una primera trituración para obtener un producto lo más limpio posible para poder tratarlo posteriormente en la trituración. El precibado sirve como proceso de selección, clasificación y limpieza. La fase de precibado es versátil y depende de las utilidades que el cliente necesite. (Interveira, 2018).

Propiedades mecánicas. Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos, son: elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad. (Kelly, 2016)

P.S.I: Es una unidad de presión perteneciente al sistema anglosajón de unidades para expresar respectivamente: presión relativa al ambiente. (Generthec, 2017).

Residuos de construcción y demolición – RCD: Corresponde a todo residuo sólido resultante de las actividades de construcción, reparación o demolición, de las obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas, anteriormente conocidos como escombros. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2018).

Reciclaje: Proceso mediante el cual se procesa y transforman los residuos de construcción y demolición, para valorizar su potencial de reincorporación como materia prima o insumos para la obtención de nuevos productos. (Secretaria Distrital de ambiente, 2011).

Resistencia a la compresión: Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria (Norma Técnica Colombiana, 2010).

Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos de construcción y demolición, las cuales posibilitan la reincorporación del nuevo material a ciclos productivos (Secretaria Distrital de Ambiente, 2020).

Marco Geográfico

Este proyecto se llevó a cabo en el departamento del Meta; se encuentra localizado en la región centro-oriental de Colombia. Villavicencio es el mayor núcleo poblacional, económico, administrativo y cultural de los llanos orientales, en los últimos años la ciudad ha alcanzado un

desarrollo económico fortalecido para el sector del comercio; como también la de productos que ingresan a la región provenientes de diferentes lugares de Colombia; es muy importante la actividad de la construcción, la explotación de petróleo y gas. En el sector de la construcción se presenta un crecimiento del 5,9% respecto al año 2017, las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler representan un 23,2% de crecimiento; siendo este el tercer sector que más demanda mano de obra en la ciudad (Meta, 2019). Al ser una región con bastante fuerza en este sector de la construcción, está la razón de ser de este estudio.

El proyecto se realizó en la trituradora Geominerales S.A.S, ubicada en la Vereda Santa Rosa en el Km 16, vía Puerto López. El proceso de transformación se realizó en esta planta de trituración ya que contaba con los equipos necesarios para transformar el material reciclado de RCD; esta empresa se encuentra ubicada en esta zona ya que limita con el río Guayuriba como se observa en la (*Figura 1*), del cual extraen agregados pétreos tales como arena, grava, arcillas entre otros. La materia prima fue transportada desde la empresa Gravicon S.A ubicada en la calle 21 sur, camino ganadero frente al barrio San Antonio, en la ciudad de Villavicencio.

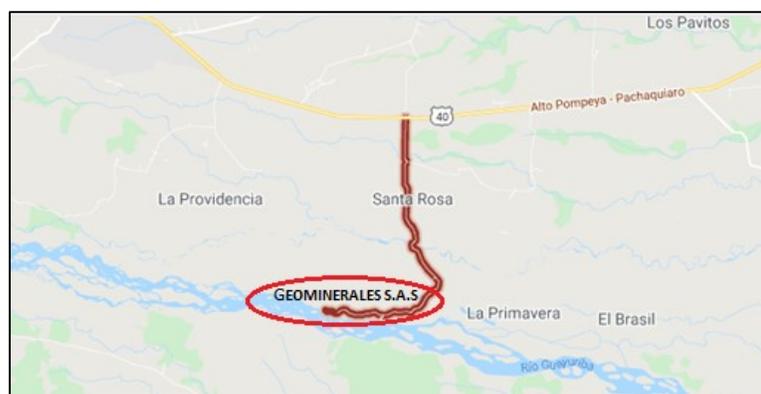


Figura 1. Ubicación empresa Geominerales S.A, adaptado de Google Maps.

Marco legal

Dentro de la legislación colombiana se encuentra una normativa que impone diferentes parámetros con respecto al manejo de los residuos sólidos de construcción y demolición (RCD) como se puede evidenciar en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Normatividad colombiana en el manejo de residuos RCD.*

Tipo número y fecha	Nombre y entidad que la expide	Artículo	Impacto en el proyecto
Decreto 357 de 1997	Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción/ Secretaría Distrital de Ambiente	Artículo 2°	Está prohibido arrojar, ocupar, descargar o almacenar escombros y materiales de construcción en áreas de espacio público. Los generadores y transportadores de escombros y materiales de construcción serán responsables de su manejo, transporte y disposición final de acuerdo con lo establecido en el presente Decreto.
Decreto 357 de 1997	Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción/ Secretaría Distrital de Ambiente	Artículo 5°	La disposición final de los materiales a los que se refiere el presente decreto deberá realizarse en las escombreras distritales, en las estaciones de transferencia debidamente autorizadas por el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente o en los rellenos de obra autorizados por las autoridades de planeación distrital.
Decreto 1713 de 2002	En relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos/ Constitución Política de Colombia	Artículo 44	Es responsabilidad de los productores de escombros su recolección, transporte y disposición en las escombreras autorizadas.
Ley 1259 de 2008	La aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros/ Congreso de Colombia	Artículo 1°	La finalidad de la presente ley es crear e implementar el comparendo ambiental como instrumento de cultura ciudadana, sobre el adecuado manejo de los residuos sólidos y escombros, previendo la afectación del medio ambiente y la salud pública, mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos; así como propiciar el fomento de estímulos a las buenas prácticas ambientalistas.

Continuación Tabla 1.

Tipo número y fecha	Nombre y entidad que la expide	Artículo	Impacto en el proyecto
Ley 23 de 1973	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente/ Congreso de Colombia	Artículo 4°	Se entiende por contaminación la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares.
GTC 24	Gestión Integral de Residuos Sólidos/ Norma Técnica Colombiana	Artículo 1°	La presente guía técnica brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente, de orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente.
Resolución 472 de 2017	Se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD)/ Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 1° y 3°	Establece las disposiciones para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y aplica a todas las personas naturales y jurídicas que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de las obras civiles o de otras actividades conexas en el territorio nacional.
Resolución 01115	Lineamientos Técnico-Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición –RCD/	Artículo 10°	Los materiales resultantes del tratamiento de los Residuos de la Construcción y Demolición RCD deberán cumplir las especificaciones técnicas con el fin de ser utilizados como insumos para las obras de infraestructura y/o construcción.

Continuación Tabla 1.

Tipo número y fecha	Nombre y entidad que la expide	Artículo	Impacto en el proyecto
Resolución 472 de 2017	Se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD)/ Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 5°	Los generadores de RCD deberán implementar medidas para la prevención y reducción de la generación de RCD.
Resolución 472 de 2017	Se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD)/ Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 9°	El aprovechamiento de RCD se realizará en plantas de aprovechamiento fijas o móviles.

Nota: Normatividad colombiana asociada al proyecto por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Capítulo 4

Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

Para el desarrollo del siguiente proyecto se consideró que la investigación es de tipo descriptiva con un enfoque cuantitativo, ya que el estudio se limita a señalar las características particulares y diferenciadoras de algún fenómeno o situación en particular. Parte del estudio del análisis de datos numéricos, para dar solución a preguntas de investigación. La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables. (Sampieri, 2010). Lo cual permitió caracterizar y describir materiales que se pueden encontrar en RCD, así como cantidades, tipo de maquinaria y procesos para obtener un producto con características mecánicas deseables que permita ser utilizado en diversas obras civiles.

Variables

Para el desarrollo del presente trabajo se realizaron las pruebas de análisis granulométrico de suelo por tamizado, índice de alargamiento, índice de aplanamiento, contenido de sulfatos, cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos, peso específico y absorción de agregados, sanidad de los agregados frente a la acción de las soluciones de sulfato de sodio o magnesio y resistencia a la degradación de los agregados. De acuerdo con estas pruebas se han definido las siguientes variables evaluadas en las pruebas mecánicas:

Tabla 2. Variables evaluadas en los ensayos del laboratorio.

Nombre	Característica	Unidad de medida
Granulometría	Es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución	Milímetro (<i>mm</i>)

Índice de plasticidad	del tamaño de los elementos que componen una muestra. Es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido.	Gramos (<i>g</i>)
Contenido de humedad	El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°-110° C.	Porcentaje (%)
Absorción de agregados	Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.	Porcentaje (%)
Peso específico	Es la relación existente entre el peso y el volumen que ocupa una sustancia en el espacio. Es el peso de cierta cantidad de sustancia dividido el volumen que ocupa.	Newton (N/m^3)

Continuación Tabla 2.

Nombre	Característica	Unidad de medida
Índice de alargamiento	Para el índice de alargamiento se separa el material de forma alargada	Milímetros (<i>mm</i>)

	para cada una de las fracciones del material de acuerdo a su granulometría.	
Resistencia a la compresión	<p>Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.</p> <p>La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente.</p>	Megapascales (<i>MPa</i>); <i>Psi</i>

Nota: Variables ejecutadas en el desarrollo del proyecto por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Técnicas para la recolección de información y análisis de los resultados.

El desarrollo de este proyecto se realizó teniendo en cuenta fuentes de información primarias y secundarias. En las fuentes de información primarias se recogió la información por medio de un diario de campo, en el cual se escribió todo lo que se observó durante la visita a la empresa Gravicon S.A; también se llevó a cabo una lista de verificación para la caracterización de los residuos RCD, la cual ayudó a clasificar la materia prima que se necesitó para la ejecución del proyecto. Luego por medio de tablas se analizaron los resultados de los ensayos obtenidos por medio del laboratorio NHSQ Ingeniería.

Se tomó información de fuentes secundarias haciendo uso de material bibliográfico, proyectos de grado como antecedentes, estudios y análisis realizados en la elaboración de bloques a partir de residuos sólidos de construcción y demolición. Se tuvo en cuenta bases de datos relacionadas con las variables, características, métodos y herramientas que permitieron un conocimiento a fondo sobre la mejor forma de reutilizar este residuo sólido para la elaboración del bloque.

Etapas del diseño

Etapas 1 Caracterizar los materiales encontrados en la empresa Gravicon S.A. La caracterización de los RCD son aquellas técnicas experimentales, de ensayos y pruebas de

laboratorio, que determinan las características mecánicas, físicas y químicas que conformarán el bloque; como lo describe Raúl Carrasco en su documento “*Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental*” del año 2018. Para seleccionar los materiales a utilizar en la elaboración del bloque se realizó una búsqueda sistemática de artículos de investigación orientados en identificar la composición de los residuos RCD y sus características, para ello se utilizó la base de datos de Redalyc, Scielo y Google Scholar. Inicialmente se recogió la información por medio de un diario de campo (*Anexo A*), a partir de una inspección directa del material que se obtuvo de la empresa Gravicon S.A, se observó que una de las características del concreto es que más del 75% del total de la mezcla la constituyen los agregados naturales y el resto los componentes de hidratación del cemento; además se aplicó una lista de verificación (*Anexo B*), con la cual se evidencio la tipología del residuo y la verificación de que la materia prima estuviera libre de otros materiales, como: vidrio, pinturas, papel, metal, entre otros. Una vez definida esta etapa, se realizó el análisis con la información obtenida y se hizo una descripción del material encontrado.

Etapa 2 Obtener el agregado a partir de residuos sólidos (RCD). Luego de seleccionar correctamente el material, fueron llevados desde la ciudad de Villavicencio a la planta de trituración GEOMINERALES S.A.S ubicada en la vereda Santa Rosa. Para la obtención del agregado se procedió a trasegarlo a la máquina trituradora, la cual está compuesta por machacadora de mandíbulas, triaje manual, sistemas de cribado y zona de acopio por fracciones granulométricas; todo esto fue un solo proceso mecánico ya que la trituradora está programada con sus respectivos tiempos para cada proceso. Hubo un proceso de trituración primaria, logrando reducir a tamaños menores el residuo reciclado obteniendo una granulometría de 3/4"

(19.0 mm), abertura nominal del tamiz de la trituradora, cumpliendo el requisito como lo indica la Norma Técnica Colombiana 77 “*Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos*” del año 2007. Posteriormente se ilustra por medio de un diagrama de flujo los procesos mencionados anteriormente, para la obtención del agregado a partir de residuos RCD.

Etapa 3 Fabricar un bloque modular con el agregado obtenido a partir de los residuos RCD. Se diseñó el bloque con un software como AutoCAD, este software permite realizar planos de referencia para cualquier tipo de proyectos. Fue de gran importancia tomar formas del bloque ya constituidas en el mercado porque cumplen con las capacidades físicas y mecánicas para las que fueron destinados; se optó por un tipo de bloque que está basado en un diseño muy similar a las conocidas piezas de Lego, que entre sus características más importantes facilita el montaje sin uniones, no requiere construcción previa, sino que directamente se puede cargar sobre un terreno, y tienen la posibilidad de ser montadas, desmontadas y vueltas a montar. Este tipo de bloque fue diseñado para la construcción de viviendas. Cada bloque cuenta en la parte superior con unos tetones que encajan perfectamente en la parte inferior de la pieza colocada encima, y que tienen como objeto evitar los deslizamientos. Se realizaron dos tipos de mezcla, 2 especímenes cilíndricos y 2 bloques con material reciclado, 1 bloque y 1 espécimen con agregados pétreos naturales que fueron estallados en el laboratorio NHSQ Ingeniería; esto se realizó con el fin de conocer la resistencia a la compresión del concreto de cada uno de los materiales. Las medidas de cada uno de los bloques fueron de 30x25x15 cm y su peso de 12 kg.

A continuación, se describen los pasos para la fabricación del bloque modular; en donde se tuvo presente el diseño de mezcla que entregó el laboratorio de suelos, y así lograr la dosificación exacta de cada uno de los materiales, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a la compresión de 3000 *Psi* a sus 28 días

de edad; los especímenes se almacenan, se curan y se ensayan; deben haber alcanzado el fraguado final antes de ser transportados al laboratorio y tener al menos 4 días de edad como lo indica la Norma Técnica Colombiana 3356 del año 2006. (NTC , 2006)

Proceso de fabricación del bloque

Elaboración del molde. Se fabricaron 3 moldes en madera para los bloques como se observa en la (Figura 2), debido que es un material más económico y de fácil acceso; también se alquilaron tres cilindros de 75 mm por 150 mm c/u, dos para material reciclado y uno para material con agregados naturales.



Figura 2. Moldes en madera para los bloques por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Elaboración de la mezcla. Se mezcló de forma manual y se procedió a los siguientes pasos: se utilizaron tres baldes de 10 litros, se inició con la elaboración de la mezcla con agregados naturales, para esto se llevó a cabo la relación 3:2:1; lo que significa que, por 3 baldes de gravilla, se adicionan 1 ½ baldes de arena y 1 de cemento, humedeciendo la mezcla con cantidades mínimas de agua hasta obtener una mezcla homogénea semi seca; se mezcló por un lapso de 15 minutos, luego se procedió a realizar el ensayo de asentamiento del concreto (Figura 3), cuyo objetivo fue medir la fluidez y/o plasticidad del concreto; posteriormente se realizó la

mezcla con material reciclado de RCD con las mismas cantidades que los agregados naturales para poder comparar la resistencia a la compresión de cada uno.



Figura 3. Ensayo de asentamiento del concreto por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Elaboración del bloque. Se colocó la mezcla en cada uno de los cilindros y en los tres moldes como se observa en la (Figura 4), con un mazo de madera se compacto cada cilindro y cada bloque de la misma manera, dándole unos golpes uniformes por las orillas y después hacia el centro, esto permitió que no se filtrara oxígeno y alterara el resultado final.



Figura 4. Elaboración del bloque por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Fraguado del bloque. Se dejaron en reposo durante 24 horas, en un lugar libre de los rayos del sol; como lo indica la NTC 3356 “*Mortero premezclado para mampostería*” del año 2000.

Curado del bloque. Se retiraron los moldes y se dejaron los bloques en una alberca con agua para retener la humedad, se dejaron por 7 días para conseguir una resistencia de 3000 *Psi*. Como lo estipula la NTC 3546 “*Métodos de ensayo para la evaluación, en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada*” del año 2003.

Etapa 4 Analizar las propiedades mecánicas del bloque modular. Se realizaron en el laboratorio NHSQ Ingeniería la prueba de resistencia a la compresión, correspondientes al bloque y a los cilindros; así se determinó si la resistencia es satisfactoria y cumple con los 3000 *Psi* establecidos, de acuerdo con la *Norma NTC 673 del año 2010 (Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto)*.

Capítulo 5

Resultados

Etapa 1.

Para esta primera etapa, en la cual el objetivo fue caracterizar los materiales encontrados de RCD, se utilizó un diario de campo en donde se describió paso a paso las actividades de manera secuencial y ordenada de dicho proceso; se obtuvo como resultado que se encontraron residuos de demolición de un piso en concreto en la empresa Gravicon S.A, entre sus características, se encontró que la mezcla del material tenía cemento, arena y piedra; de color gris y textura rugosa; un material pesado y resistente; el material se encontraba inicialmente en tamaños grandes y así no era posible trasladarlo en el vehículo, fue necesario fraccionarlo en partes más pequeñas.

Se aplicó una lista de verificación (*Anexo B*), en donde se pudo identificar qué tipo de material había en la mezcla, el cual no se encontraba mezclado ni contaminado con otro tipo de material de carácter no pétreo, metálico o peligroso; por tal razón no fue necesario realizar ningún tipo de separación; el material estaba totalmente limpio como se necesitaba para llevar a cabo la fabricación del bloque modular. La lista fue una herramienta de apoyo para discriminar que residuos había y cuál fue su composición.

Posteriormente se llevaron al laboratorio NHSQ Ingeniería tres muestras de material: gravilla, arena y material reciclado de RCD; cada muestra de 80 kg cada una, de esta forma realizar una comparación de sus características físico-mecánicas frente al de los agregados convencionales.

Se realizaron las pruebas de laboratorio, en donde se llevó a cabo la caracterización del agregado grueso, fino y residuos sólidos de construcción y demolición según el artículo 630 del Instituto Nacional de Vías- INVIAS-13; el cual consiste en el “*Suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de cemento*

hidráulico utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general”. (INVIAS, 2013).

A continuación, se dan a conocer los resultados de los ensayos efectuados al agregado fino proveniente de la empresa Gravicon S.A, cuya fuente de explotación fue el río Guayuriba, y los residuos reciclados provenientes también de la misma empresa. En la (Tabla 3) se indican los requisitos que debe cumplir el material para su aceptación.

Tabla 3. Resultados ensayos de laboratorio para agregado fino.

NORMA	ENSAYO	REQUISITO	RESULTADOS
INV-E123-13	Análisis granulométrico de suelo por tamizado	--	Ver grafico
INV-E220-13	Sanidad de los agregados frente a la acción de Sulfato de sodio	$\leq 10\%$	0.56
	las soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	$\leq 15\%$	1.26
INV-E211-13	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	$\leq 1\%$	0.20%
INV-E221-13	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	$< 0.50\%$	0.16%
INV-E133-13	Equivalente de arena	$\geq 60\%$	78%
INV-E223-13	Peso específico y absorción de agregados	$< 4\%$	1.63%
INV-E212-13	Color mas oscuro permisible	Igual muestra patron	1.0
INV-E214-13	Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de μm (N _o 200)	$< 5\%$	2.19%
INV-E235-13	Valor de azul de metileno en agregados finos	< 5	0.95
INV-E233-13	Contenidos de sulfato, expresados con SO ₄	$< 1.2\%$	0.75%

Nota: Requisitos que debe cumplir el material para su aceptación tomado de la guía de Caracterización del agregado grueso y fino para concreto

Según los resultados que se obtuvieron del laboratorio, se puede observar en la tabla 3 que cada uno de los ensayos del agregado fino cumplen con lo establecido en el Art. 630 del INVIAS “Concreto estructural”; ya que los resultados se encuentran en un porcentaje menor a diferencia del equivalente de arena que exige que sea mayor del 60% su nivel de aceptación.

A continuación, se observa en la (Tabla 4) el siguiente análisis para agregado fino, lo que significa que la granulometría adecuada para concretos debe estar dentro del límite inferior y superior.

Tabla 4. Granulometría agregado fino para concreto estructural.

Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Límite Superior	Límite Inferior
3/8"	9,5	100%	100%
N°4	4,75	100%	95%
N°8	2,36	100%	80%
N°16	1,18	85%	50%
N°30	0,6	60%	25%
N°50	0,3	30%	10%
N°100	0,15	10%	2%

Nota: Límites para granulometría, tomado de Norma Técnica Colombiana ART-630-2.

En la gráfica de la curva granulométrica (Figura 5), lo que indica la norma es que la fracción que pase por el tamiz 4,75mm N°4 se considera agregado fino, por lo tanto el porcentaje que pasa es de 98% y el tamaño máximo del material es 3/8", debido a lo mencionado anteriormente las características del agregado fino está dentro de los límites, por lo tanto, la granulometría de la arena es de muy buena calidad.

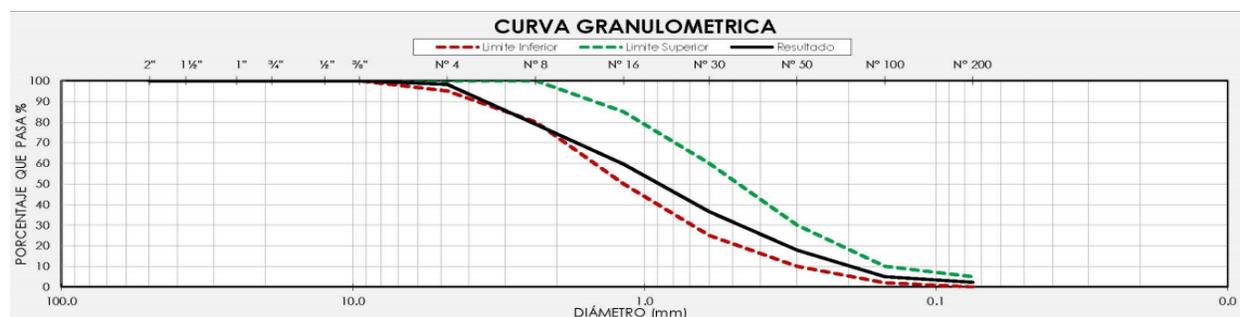


Figura 5. Curva granulométrica agregado fino, resultado laboratorio NHSQ Ingeniería (agregado fino)

En la (Tabla 5) se puede concluir que los ensayos realizados al agregado grueso cumplen los requisitos que exige la norma, ya que los resultados están por debajo del valor de aceptación que establece el Art. 630 del INVIAS; la cual denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz 4.75mm (N°4).

Tabla 5. Resultados ensayos de laboratorio para agregado grueso (19.0 mm- 3/4")

NORMA	ENSAYO	REQUISITO	RESULTADOS
INV-E123-13	Análisis granulométrico de suelo por tamizado	--	Ver grafico
INV-E220-13	Sanidad de los agregados frente a la acción de Sulfato de sodio	≤12%	1.85%
	las Soluciones de sulfato de sodio o de magnesio	Sulfato de magnesio	≤18%
			3.13%
INV-E211-13	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	≤0.25%	0.09%
INV-E221-13	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	<1%	0.27%
INV-E223-13	Peso específico y absorción de agregados	<4%	1.01%
INV-E230-13	Índice de alargamiento	≤25%	14%
	Índice de aplanamiento	≤25%	17%
INV-E218-13	Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de los ángeles	En seco, 500 Rev. ≤40%	26.2%
		En seco, 100 Rev. ≤40%	26.2%
INV-E233-13	Contenidos de sulfato, expresados con SO4	<8%	6.3%

Nota: Resultados de aceptación según la norma, tomado de La Caracterización del agregado grueso para concreto según ART. 630

A continuación, en la (Tabla 6) se observa el siguiente análisis para el agregado grueso; la NTC 174 establece de acuerdo al tamaño máximo nominal los siguientes límites para saber si dicho agregado cumple con las especificaciones.

Tabla 6. Granulometría agregado grueso para concreto estructural

Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Limite Superior	Limite Inferior
2"	50	100%	100%
1"	25	100%	100%
3/4"	19	95%	100%
1/2"	12,5	60%	25%
3/8"	9,5	20%	55%
Nº4	4,75	0%	10%

Nota: Granulometría teniendo en cuenta el tamaño Máximo, tomado de la Norma Técnica Colombiana ART-630-4

En la (Figura 6) se puede observar en la curva granulométrica que el porcentaje que pasa es del 100%; también se puede decir que es un agregado de buena calidad ya que se encuentra dentro de los límites; el tamaño máximo del material es de 3/4".

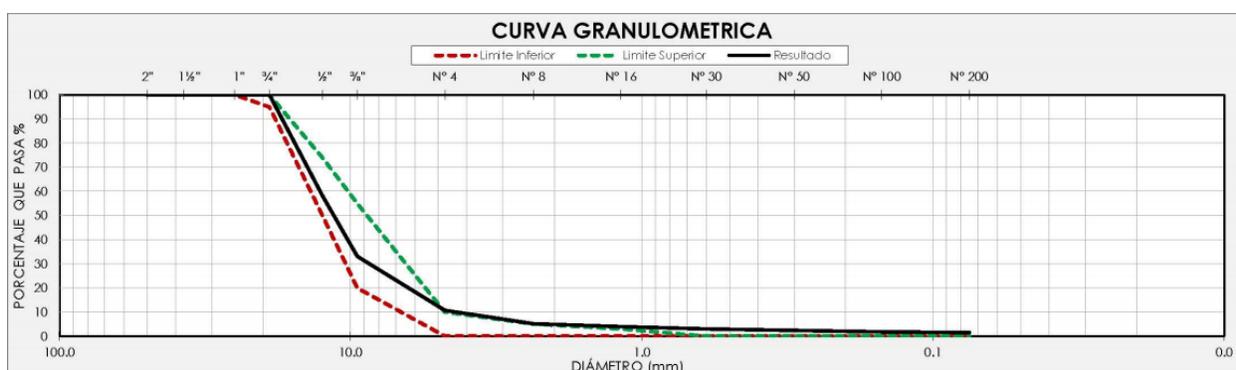


Figura 6. Curva granulométrica agregado grueso, tomado del resultado laboratorio NHSQ Ingeniería (agregado grueso)

En la (Tabla 7) se pueden observar los resultados obtenidos del material reciclado de RCD, el 60% de las variables analizadas estuvieron dentro de los parámetros que especifica la norma, el otro 40% equivale a tres variables (índice de alargamiento, índice de aplanamiento y resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 1/2") por medio de la

máquina de los ángeles) no cumplió con estos parámetros, ya que está por encima del requisito que exige la norma, sin embargo el porcentaje promedio por el cual superó las medidas establecidas es mínimo y se puede ajustar al momento de realizar un diseño de mezcla, usando un porcentaje bajo de agregados naturales.

Tabla 7. Resultados ensayos de laboratorio para material RCD (50.0 mm- 2")

NORMA	ENSAYO	REQUISITO	RESULTADOS
INV-E 123-13	Análisis granulométrico de suelo por tamizado	--	Ver grafico
INV-E 220-13	Sanidad de los agregados frente a la acción de Sulfato de sodio	≤12%	3.54%
	las Soluciones de sulfato de sodio o de Sulfato de magnesio	≤18%	3.84%
INV-E 211-13	Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	≤.25%	0.06%
INV-E 221-13	Cantidad de partículas livianas en los agregados pétreos	<1%	0.53%
INV-E 223-13	Peso específico y absorción de agregados	<4%	6.66%
INV-E 230-13	Índice de alargamiento	≤25%	45%
	Índice de aplanamiento	≤25%	32%
INV-E 218-13	Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de los ángeles	En seco, 500 Rev. ≤40%	42.02%
		En seco, 100 Rev. ≤8%	13.0%
INV-E 233-13	Contenidos de sulfato, expresados con SO4	<1.0%	0.80%

Nota: Resultados obtenidos del material reciclado de RCD Tomado de la Guía de Caracterización del agregado grueso y fino para concreto

En la (Figura 7), se logra observar que sus características granulométricas no fueron las mejores ya que era un material reciclado y no directamente un agregado natural de planta como en el caso de la arena y la gravilla, sin embargo, este material es de granulometría homogénea; por tal motivo conlleva a mezclarlos con un 25% de agregados naturales. Se observa en la gráfica que el tamaño máximo del material reciclado es de 2" y el porcentaje que pasa es del 87%.

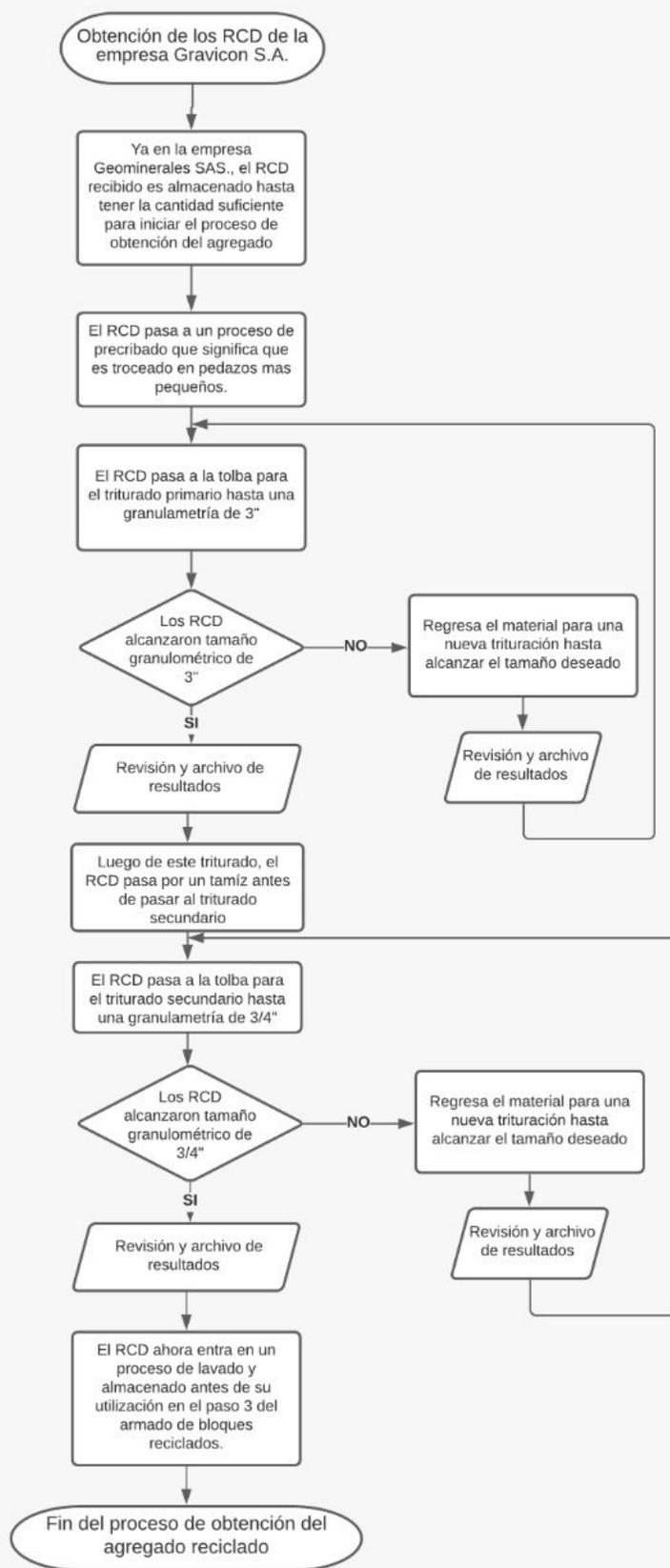


Figura 8. Diagrama de flujo proceso de transformación del material reciclado en agregado por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Etapa 3.

En el proceso de diseño del bloque se utilizó el programa AutoCAD, el bloque modular fue diseñado con medidas similares a las de un bloque estándar que son 20x40x15 cm. Las medidas que se ajustaron al diseño del proyecto fueron de 30x25x15 cm; adicionalmente cuenta con 10 cm en la parte superior, los cuales permiten que encajen unos sobre otros, como se puede observar en la siguiente imagen.

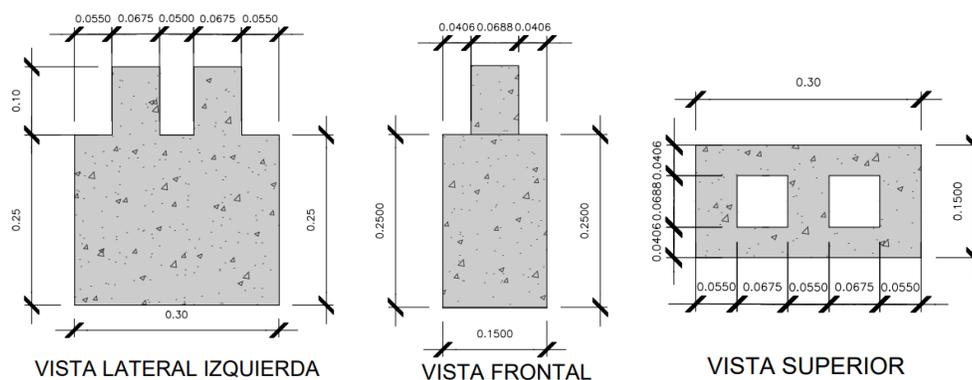


Figura 9. Dimensiones del bloque modular por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Se optó por fabricar un bloque de calidad, alta resistencia y durabilidad que sirviera para la construcción de viviendas y que, además tuviera un valor significativo con el cuidado del medio ambiente, ya que gran parte de la materia prima son residuos reciclados de RCD. A continuación, se puede observar el bloque modular.



Figura 10. Bloque modular con residuos RCD por Garzón M & Clavijo F, 2020.

Etapas 4.

Una vez construido el bloque se llevó a cabo la prueba de resistencia a la compresión, la cual es fundamental para determinar que la mezcla del concreto cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada para una estructura determinada como lo indica la NTC 673 del año 2010. Los ensayos se realizaron en una máquina a compresión como se observa en la siguiente imagen.



Figura 11. Ensayo resistencia a la compresión bloque-espécimen Garzón M & Clavijo F, 2020.

En la (Tabla 8) se puede observar que se realizaron ensayos de resistencia a la compresión al bloque con residuos RCD y al bloque con agregados convencionales, la fecha de fabricación fue

el día 29 de septiembre, la prueba se realizó a los 6 días de curado, fecha de rotura 5 de octubre, la altura del bloque fue de 25 cm con un espesor 15 cm y una longitud de 30 cm; se aplicó una carga de rotura de 41098 kg para el bloque con residuos RCD logrando obtener una resistencia de 2632,4 *Psi*; para el bloque convencional se aplicó una carga de 44672 kg, obteniendo una resistencia de 2754,1 *Psi*. La norma NTC 673 indica que se debe cumplir con una resistencia de 3000 *Psi* para mampostería estructural a los 28 días de edad del concreto; de acuerdo a los resultados obtenidos la resistencia estimada del bloque sería de 4252,5 *Psi* a sus 28 días. Por lo tanto, el bloque con residuos RCD es menos resistente un 4% que un bloque convencional como se puede observar en la siguiente imagen.

Tabla 8. *Resistencia a la compresión del concreto.*

Descripción	Datos de Entrada										Datos de Salida				
	Fecha Toma	No.	Días curado	Fecha rotura	Altura del bloque (cm)	Espesor del bloque (cm)	Longitud del bloque (cm)	Area bruta (cm ²)	Relación altura espesor	Carga aplicada (Kg)	Resistencia del ccto		Resistencia estimada a los 28 días	Porcentaje de resistencia al F'c de	Tipo de Falla
	(Kg/cm ²)	P.S.I.													
Bloque con residuos de concreto F'c=3000 PSI	29-sep	3	6 Días	5-oct	25	15	30	450	1,67	41098	184,3	2632,4	4252,5	87,75%	1
Bloque de concreto convencion al F'c=3000 PSI	29-sep	3	6 Días	5-oct	25	15	30	450	1,67	44672	192,8	2754,1	4422,8	91,80%	4

Nota: ensayos de resistencia a la compresión al bloque con residuos RCD y al bloque con agregados convencionales, tomado de los resultados de laboratorio de suelo-NHSQ Ingeniería.

A continuación, en la (Figura 12) se puede observar tipo de falla que presentó el bloque de acuerdo a los resultados obtenidos. El bloque con residuos RCD presentó un tipo de falla 1. Lo que indica que los conos razonablemente bien formados en ambos extremos, se presentaron

fisuras a través de los cabezales de menos de 25mm (1pulgada); el bloque convencional presento un tipo de falla 4, lo que significa que se fracturo diagonal sin fisuras a los extremos.

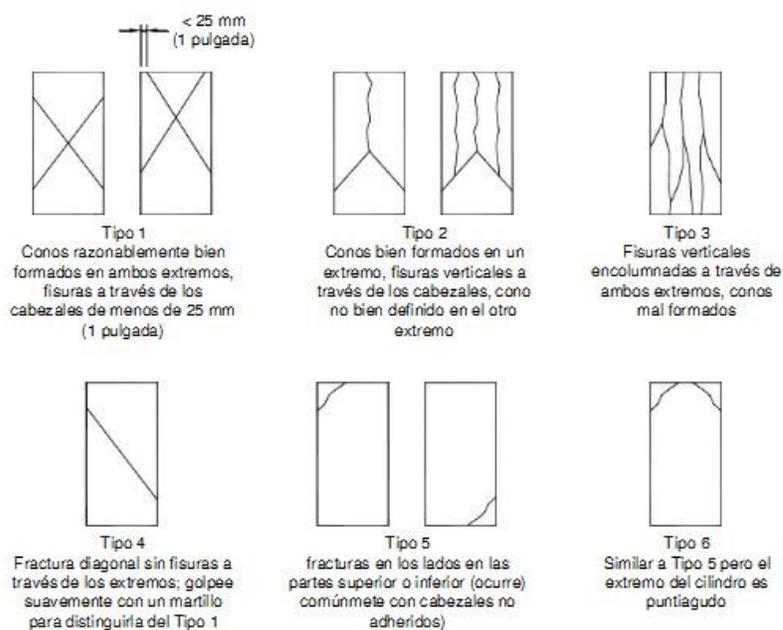


Figura 12. Tipos de falla del concreto, tomado de la Norma Técnica Colombiana - NTC 673.

Capítulo 6

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del laboratorio, podemos decir, que es de gran importancia realizar una caracterización detallada de los RCD, realizando pruebas para conocer sus propiedades mecánicas, ya que de esta depende el éxito o fracaso al momento de elaborar un producto hecho con estos residuos.

De acuerdo a los ensayos mecánicos realizados y a las características del material reciclado de RCD, es posible utilizar este residuo como alternativa en la fabricación de bloques modulares. El material que utilizaron los autores fue mezclado un 25% con arena convencional, lo que permitió que cumpliera con las propiedades a la resistencia del concreto.

El uso de agregados reciclados en bloques para mampostería estructural determina que los especímenes elaborados con residuos RCD, alcanzan una resistencia de 184 kg/cm^2 a una edad de 6 días, en comparación con los especímenes de concreto convencional, los cuales alcanzan una resistencia del 193 kg/cm^2 . Al comparar estos resultados con la NTC 4026, la cual describe una resistencia de 200 kg/cm^2 a los 28 días de edad para concretos. Por lo tanto, se destaca que si es posible reutilizar los residuos de RCD para la fabricación de bloques utilizados en el sector de la construcción.

Teniendo como base fundamental los resultados de los diferentes ensayos del laboratorio, tanto en la etapa inicial del agregado reciclado, como en la etapa final al obtener el bloque de concreto hecho con RCD, se puede afirmar que el uso de estos residuos, son una alternativa sostenible, amigable con el medio ambiente, y que además son una manera inteligente de reincorporar estos materiales al ciclo productivo.

Los resultados obtenidos de los RCD muestran la viabilidad de utilizar los residuos como material primario para la fabricación de un bloque, apto para fabricar viviendas como lo describen los autores en el desarrollo de este documento. Los bloques obtenidos se pudieron clasificar como bloques estructurales de clase alta, al tener una resistencia a la compresión del 88% a los 6 días, lo que indica que con el resultado proyectado por el laboratorio tendrían una resistencia de 4252 *psi* a sus 28 días, por lo tanto, son más resistentes que los requerimientos establecidos en la norma NTC 4026.

Capítulo 7

Recomendaciones

Según los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión, es posible aumentar el porcentaje de agregados convencionales a la hora de realizar la mezcla; de esta forma identificar si mejoran las propiedades mecánicas y aumentar la resistencia.

Sería de gran importancia continuar con investigaciones como la realizada en este proyecto, con el fin de encontrar otros usos que se le puedan dar a los residuos RCD, elaborando productos que minimicen el impacto ambiental y sirvan de ayuda en el sector de la construcción.

Es considerable que las empresas realicen una gestión integral de los residuos RCD generados en cada una de las obras de construcción, buscando la forma de transformar y reincorporar estos residuos a su ciclo productivo, de esta forma se podrían ahorrar en la compra de materiales pétreos para llevar a cabo sus proyectos.

Lista de Referencias

- Alcaldía de Villavicencio . (2016). Informacion del municipio. Obtenido de informacion del municipio: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). guía para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición (rcd) en obra. Bogota: Bogota humana.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (29 de Diciembre de 2015). Decreto 586 de 2015.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (s.f.). Coleccion de legislacion colombiana. Obtenido de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_dd443b51cb474238901c5fa16c73488c
- Argos. (2018). Mampostería estructural: El qué y el cómo. Obtenido de Mampostería estructural: El qué y el cómo: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/usos-y-aplicaciones/mamposteria-estructural>
- Asensio, E. (2018). Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra. Obtenido de Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4248/Monografia%20Sistema%20para%20Adquines%20hipervinculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ASTM. (9 de Octubre de 2007). Métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de hormigón y unidades relacionadas . Obtenido de Métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de hormigón y unidades relacionadas :

file:///C:/Users/ACER%20E14/Downloads/test%20for%20compresive%20strength%20C%2039.pdf

Bioagricola . (2019). Bioagricola del llano. Obtenido de Bioagricola del llano:

https://www.bioagricoladelllano.com.co/bio/residuos_de_construccion_y_demolicion

Camara de Comercio. (30 de Agosto de 2019). Camara de comercio de Villavicencio. Obtenido

de Camara de comercio de Villavicencio: <http://www.ccv.org.co/site/index.php?id=1>

Castaño, J. (2015). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá:

perspectivas y limitantes. Tecnura.

Cemex. (2016). Agregados para concreto. Obtenido de Agregados para concreto:

<https://www.cemexmexico.com/productos/agregados>

Cemex. (2017). Agregados petreos. Obtenido de Agregados petreos:

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-375889>

Colciencias. (2016). ladrillos hechos de escombros. Colciencias. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-912278>

Cuellar, D. A. (2016). caracterización física de agregados petreos para concretos caso: cantera

dromos (mosquera) y mina cemex (apulo). obtenido de caracterización física de

agregados petreos para concretos caso: cantera dromos (mosquera) y mina cemex

(apulo):

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2039.pdf>

DANE. (2016). Gobernacion del Meta . Obtenido de Gobernacion del Meta:

[https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion)

[poblacion/proyecciones-de-poblacion](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion)

Española, R. A. (2019). Diccionario de la lengua española. Obtenido de

<https://dle.rae.es/esp%C3%A9cimen>

Ferreira, J. E. (2015). Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto. Obtenido de

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/679/digital_18472.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Franco, J. T. (2018). Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo? Obtenido de Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo?:

https://www.archdaily.co/co/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-como-construir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev

Franco, J. T. (2018). Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo? Obtenido de Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo?:

<https://www.archdaily.co/co/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-como-construir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo>

Gaitan, M. A. (JULIO de 2016). Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (rcd) en Bogotá d.c. Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13498/GaitanCastiblancoMarianaAlejandra2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Generthec. (2017). Sistema Internacional de Unidades. Obtenido de

https://www.generthec.com/smartblog/17_Medidas-de-presion-PSI-o-BAR

Gobernacion del Meta. (1 de Abril de 2016). Nuestro departamento . Obtenido de Nuestro departamento: <https://www.meta.gov.co/web/content/nuestro-departamento>

Hernandez, A. (15 de Octubre de 2015). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. Obtenido de Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v11n21/v11n21a11.pdf>

Hernandez, K. J. (2014). Bloques de concreto. Obtenido de Bloques de concreto: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2009/08/03/bloques-de-concreto/>

Herrera, I. M. (2018). Influence of demolition waste fine particles on the properties of recycled aggregate . Departamento de ingenieria civil y ambiental.

Hudson, J. (2015). Proceso 50 productos de diseño: del concepto a la fabricación . Barcelona Blume.

Interveira. (2018). Aridos y mineria . Obtenido de <https://www.interveira.com/aridos-y-mineria/precribadores/>

INVIAS. (2013). Estructuras y drenajes . Obtenido de file:///C:/Users/ACER%20E14/Downloads/CAP%C3%8DTULO%206_1.pdf

Jimenez, A. J. (2016). Estudio de pre-factibilidad para el diseño de una planta de reciclaje en bogotá de componentes pétreos generados en obras civiles. Obtenido de estudio de pre-factibilidad para el diseño de una planta de reciclaje en bogotá de componentes pétreos generados en obras civiles: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4530/1/DuarteJ%C3%ADm%C3%A9nandezAndreaJulieth2016.pdf>

Kelly, A. p. (2016). Propiedades Mecánicas. Obtenido de

http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20los,Por%20ejemplo%2C%20un%20globo.

Lage, I. m. (2016). Properties of plain concrete made with mixed recycled coarse aggregate.

Construction and Building Materials.

León, M. P. (2015). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. Ingeniería de la Construcción .

Lizarazo, F. A. (2015). Ventajas y usos del concreto reciclado. Obtenido de ventajas y usos del concreto reciclado:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15151/GuacanemeLizarazoFabioAndres2015.pdf;jsessionid=6979C3E2905A5CD220BFA0124AD86EAD?sequence=1>

Llatas, C. (2018). Inclusion of prevention scenarios in LCA of construction waste management.

The International Journal of Life Cycle Assessment.

Martínez, J. (2019). Ventajas y Desventajas del Reciclaje y la Reutilización de recursos materiales. Espacio y Ciencia, 3.

Martínez, R. (2015). Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra. Obtenido de Fabricación de adoquín a partir de un sistema de aprovechamiento de escombros en obra:

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4248/Monografia%20Sistema%20para%20Adquines%20hipervinculada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Medeiros, R. A. (2016). Applicability of recycled aggregates in concrete piles for soft soil improvement. WM&R.
- Meta, C. (25 de Febrero de 2019). El sector de la construcción generó 1.148 en Villavicencio, además se licenciaron 189 mil metros cuadrados. Obtenido de El sector de la construcción generó 1.148 en Villavicencio, además se licenciaron 189 mil metros cuadrados: <http://www.camacolmeta.com/noticias/223/El-sector-de-la-construccion-genero-1.148-en-Villavicencio...>
- Minambiente. (2016). Gestión Ambiental urbana GAU. Obtenido de Gestión Ambiental urbana GAU: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/2049-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-83>
- Ministerio de Ambiente. (21 de abril de 2016). Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros. Obtenido de Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-construccion-y-escombros>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (28 de Febrero de 2017). Resolución 0472 del 28 de febrero de 2017. Obtenido de Resolución 0472 del 28 de febrero de 2017: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68359>
- Ministerio de ambiente, v. y. (junio de 2015). Política de gestión ambiental urbana. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Politicasy/politica_de_gestion_ambiental_urbana.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (23 de Marzo de 2005). Decreto numero 0838. Obtenido de

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf

Miranda, P. C. (2015). *Reciclado Y Tratamiento de Residuos*. Madrid: UNED.

Molina, J. D. (2018). Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia). *Gestion y Ambiente*.

Monroy, M. C. (2015). *Escombros producidos en las construcciones de sincelejo, sucre, Colombia*. Colombiana Ciencia.

Montaña, E. P. (2011). *Procedimiento para la gestion y disposicion de residuos solidos y peligrosos*. Obtenido de <https://gerenciacampos.uniandes.edu.co/content/download/2304/11870/file/5.%20Disposicion%20de%20Residuos.pdf>

Montesdeoca, R. B. (2018). *Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de riobamba, análisis de costo e impacto ambiental*. Obtenido de aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de riobamba, análisis de costo e impacto ambiental:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14857/TESIS%20MAS%202018%20%28RA%20%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montoya, C. M. (2017). *El concreto reciclado con escombros como generador de habitats urbanos sostenibles*. Obtenido de *El concreto reciclado con escombros como generador de habitats urbanos sostenibles*: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3477/1/98589947-2003.pdf>

Norma Tecnica Colombiana. (17 de Junio de 2010). NTC 673 compresion de concretos.

Obtenido de <https://www.instron.us/es-es/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>

NTC . (2006). Concretos, morteros premezclado para mamposteria. Obtenido de

<https://www.andimix.co/files/NTC%203356%20Morteros%20premezclados%20para%20Mamposteria.pdf>

NTC . (2016). Mampostería estructural. Obtenido de MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL:

http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_D.pdf

NTC. (26 de 11 de 1997). Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural. Obtenido de ingeniería civil y arquitectura.

Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural:

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4017/Anexo%208%20NTC-4026.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

NTC. (2010). Ensayo de resistencia a la compresion de especimenes cilindricos de concreto.

Obtenido de <https://es.slideshare.net/1120353985/ntc-673-compresion-concretos>

NTC 3356. (2000). concretos, mortero premezclado para mamposteria. Obtenido de

<https://www.andimix.co/files/NTC%203356%20Morteros%20premezclados%20para%20Mamposteria.pdf>

NTC 77. (2007). Método Para El Análisis Por Tamizado de Los Agregados Finos y Grueso.

Obtenido de Método Para El Análisis Por Tamizado de Los Agregados Finos y Grueso:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4997/2/SierraGonz%C3%A1lezJos%C3%A9Maicol2015Anexos.pdf>

- Pacheco, C. A. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestion. Ingenieria y Desarrollo.
- Parrado, C. C. (6 de Diciembre de 2016). Gestion y control de residuos de construccion y demolicion RCD. Obtenido de Gestion y control de residuos de construccion y demolicion RCD: <http://ambientebogota.gov.co/documents/664482/0/Carlos-Parrado.pdf>
- Perez, J. M. (2015). Aprovechamiento de los escombros para materiales de construccion . Obtenido de Aprovechamiento de los escombros para materiales de construccion : <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/572/1/5356.pdf>
- Ramirez, A. V. (14 de Julio de 2016). Eafitense genera ladrillos con escombros. Obtenido de Eafitense genera ladrillos con escombros: <https://www.residuosprofesional.com/ladrillos-economicos-resistentes/>
- Rivera, J. L. (2018). Caracterización de la mampostería estructural elaborada con bloques de concreto en la ciudad de santa marta . Obtenido de caracterización de la mampostería estructural elaborada con bloques de concreto en la ciudad de santa marta : <https://core.ac.uk/reader/198274810>
- Robayo, R. A. (2013). Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamient. Tecnura.
- Sampieri, R. H. (2010). Metodologia de la investigacion . Mexico: Mc Graw Hill.
- Sánchez, R. N. (2016). Identificación de alternativas para la gestión, manejo y aprovechamiento de los residuos de la construcción y la demolición generados en los procesos urbanísticos y obras de infraestructura en el Municipio de Rionegro, Antioquia. Obtenido de

http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1773/1/DENTIFICACION_DE_ALTERNATIVAS_PARA_LA_GESTION_DE_RCD.pdf

Sandoval, D. Q. (2016). Ladrillo modular ecologico para la construccion de muros: diseño y construccion. Obtenido de Ladrillo modular ecologico para la construccion de muros: diseño y construccion: <file:///C:/Users/ACER%20E14/Downloads/163240.pdf>

Secretaria Distrital de ambiente. (3 de mayo de 2011). RESOLUCIÓN 2397 DE 2011. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-2397-de-2011.aspx>

Secretaria Distrital de Ambiente. (23 de mayo de 2018). Definiciones. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/conceptos-basicos>

Secretaria Distrital de Ambiente. (18 de marzo de 2020). TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/es/web/escombros/disposicion>

Silgado, S. S. (2018). Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia). *Gestion y Ambiente* .

Suarez, S. S. (2018). La gestión de los residuos de construcción y demolición n Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestion. *Entramado*.

Suárez-Silgado, S. S. (junio de 2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. Obtenido de *La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión*: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/5408/5262>

Valle, J. C. (2016). Materiales utilizados en la construccion. Obtenido de atdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/

- Varela, M. A. (25 de junio de 2015). Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio. Obtenido de Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio.:
<http://www.ustatunja.edu.co/cong/images/Articulos/-ESTIMACION%20DE%20GENERACION%20Y%20COMPOSICION%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCION%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20VILLAVICENCIO.pdf>
- Viáfara, J. (14 de Julio de 2017). Ciudades llenas de escombros. Obtenido de Ciudades llenas de escombros: <https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/habitat/12015-ciudades-llenas-de-escombros>
- Weil, M. (2016). Closed-loop recycling of construction and demolition waste in Germany in view of stricter environmental threshold values. *Waste Management & Research*.
- Yajnes, M. (2016). Gestión de residuos y producción de bloques con material reciclado in situ en una obra de escala intermedia en la ciudad de Buenos Aires, Argentina. Obtenido de Gestión de residuos y producción de bloques con material reciclado in situ en una obra de escala intermedia en la ciudad de Buenos Aires, Argentina:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59471/Yajnes%20marta%20%28espa%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Yepes, V. (2016). ¿Qué son las machacadoras de mandíbulas? Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/04/>
- Zambrano, E. M. (Julio de 2015). Reciclaje de residuos de construcción en la producción de bloques, portoviejo- manabí. obtenido de reciclaje de residuos de construcción en la producción de bloques, portoviejo- manabí:

https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Construccion_Civil/40.pdf

Anexos

		DIARIO DE CAMPO	
Actividad	Visitas y actividades realizadas durante la investigación en la empresa GRAVICON S.A	Fecha: 05 de agosto de 2020	
Investigador/Observador	Fabián Alejandro Clavijo Ángel/María Alejandra Garzón		
Objetivo/pregunta	Caracterizar los materiales encontrados en La empresa		
Situación	En proceso		
Lugar-espacio	GRAVICON S.A		
Técnica aplicada	Observación		
Personajes que intervienen	Estudiantes Fabián Alejandro Clavijo Ángel, María Alejandro Garzón y Arquitecta Ingrid Gómez persona encargada de la planta		
Visita inicial empresa GRAVICON S.A		Consideraciones interpretativas/Analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación	
<p>El miércoles 05 de agosto en horas de la mañana tuvimos la oportunidad de platicar con la Arq. Ingrid Gómez persona encargada de la planta procesadora de concreto Gravicon S.A, ubicada en el municipio de Villavicencio, con el objetivo de tener un primer acercamiento y conocer el proceso respectivo para obtener el material sobrante de su proceso en la fabricación de concreto, el cual es vital para el desarrollo de nuestro proyecto; ya que por cuestiones de bioseguridad los permisos con la empresa Bioagricola, la cual era nuestra primera fuente no se pudieron llevar a cabo, razón que nos llevó a buscar una segunda opción; este día se realizó la observación del lugar, la ubicación y en qué condiciones se encontraba el material del cual íbamos a realizar la solicitud.</p>		<p>Este primer encuentro fue completamente satisfactorio la Arq. Ingrid Gómez nos brindó todo su apoyo y quedo de averiguar en los próximos días si era viable o no nuestra propuesta.</p>	

Anexo A. Diario de campo

		DIARIO DE CAMPO			
Actividad	Visitas y actividades realizadas durante la investigación en la empresa GRAVICON S.A	Fecha: 07 de agosto de 2020			
Investigador/Observador	Fabián Alejandro Clavijo Ángel/María Alejandra Garzón				
Objetivo/pregunta	Caracterizar los materiales encontrados en La empresa				
Situación	En proceso				
Lugar-espacio	GRAVICON S.A				
Técnica aplicada	Observación				
Personajes que intervienen	Estudiantes Fabián Alejandro Clavijo Ángel, María Alejandro Garzón y Arquitecta Ingrid Gómez persona encargada de la planta				
Solicitud escrita por parte de la universidad Antonio Nariño a la empresa GRAVICON S.A			Consideraciones interpretativas/Analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación		
El viernes 07 de agosto se radico la solicitud formal ante la empresa Gravicon S.A, con la ayuda de la coordinación del programa a cargo de la Ing. Nancy Esperanza Saray, se tuvo una recepción rápida por parte de la Arq. encargada Ingrid Gómez.			La recepción de la solicitud se llevó a cabo de manera satisfactoria y se espera tener respuesta positiva de parte de la dirección o área encargada a más tardar para el lunes 10 de agosto de 2020.		

		DIARIO DE CAMPO			
Actividad	Visitas y actividades realizadas durante la investigación en la empresa GRAVICON S.A	Fecha: 10 de agosto de 2020			
Investigador/Observador	Fabián Alejandro Clavijo Ángel/María Alejandra Garzón				
Objetivo/pregunta	Caracterizar los materiales encontrados en La empresa				
Situación	En proceso				
Lugar-espacio	GRAVICON S.A				
Técnica aplicada	Observación				
Personajes que intervienen	Estudiantes Fabián Alejandro Clavijo Ángel, María Alejandro Garzón y Arquitecta Ingrid Gómez persona encargada de la planta				
Observación del material residual, producto de las actividades realizadas en la empresa GRAVICON S.A			Consideraciones interpretativas/Analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación		
<p>El lunes 10 de agosto estuvimos en las instalaciones de Gravicon S.A, conociendo de manera más detallada el proceso y la actividad comercial de la planta, acompañados de la mano de la Arq. Ingrid Gómez, en este recorrido conocimos cual es la materia prima necesaria para la obtención del concreto, pudimos observar que el concreto o material residual sale limpio, no se encuentra mezclado o contaminado por otros residuos; razón por la cual es perfecto ya que no tenemos que realizar el proceso de separación de materiales. Estos residuos son puestos a disposición de entidades como Bioagricola ya que no se reutilizan. Además, nos dieron la aprobación para retirar el material necesario para la ejecución del proyecto.</p>			<p>Es muy importante para nosotros haber contado con la aprobación de la compañía, ya que el material que vamos a obtener es prácticamente limpio debido a que es un derivado directamente del concreto.</p>		



DIARIO DE CAMPO



Actividad	Visitas y actividades realizadas durante la investigación en la empresa GRAVICON S.A	Fecha: 19 de agosto de 2020
Investigador/Observador	Fabián Alejandro Clavijo Ángel/María Alejandra Garzón	
Objetivo/pregunta	Caracterizar los materiales encontrados en La empresa	
Situación	En proceso	
Lugar-espacio	GRAVICON S.A	
Técnica aplicada	Observación	
Personajes que intervienen	Estudiantes Fabián Alejandro Clavijo Ángel, María Alejandro Garzón y Arquitecta Ingrid Gómez persona encargada de la planta	
Retiro de material residual de la empresa GRAVICON S.A		Consideraciones interpretativas/Analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación
El miércoles 19 de agosto estuvimos en las instalaciones de Gravicon S.A, para realizar la recolección y posteriormente el transporte del material el cual se usará para la fabricación del bloque modular. Se recogieron aproximadamente 80 kilogramos de residuos de concreto y se llevaron directamente a la planta de trituración Geominerales ubicada en la vereda Santa Rosa, donde se llevará a cabo la transformación final del material y obtendremos nuestro agregado.		En el proceso fue necesario usar un bobcat para cargar el material y llevarlo hasta la camioneta, la cual se utilizó para el transporte de la materia prima; el descargue del material se realizó de manera manual en la planta Geominerales. Fue una jornada satisfactoria ya que se cumplió con una parte fundamental para el avance de este proyecto.

Fuente: Bitácora y diario de campo, herramientas para ganar en reflexibilidad-aprendeenlinea.udea.edu.co

Anexo B. Lista de verificación materiales RCD

	LISTA DE VERIFICACION MATERIALES RCD		
<i>Tipología del residuo</i>	<i>Componente</i>	<i>Aplica (Si) (No)</i>	<i>Cantidad kg</i>
RCD pétreos	Concretos	Si	80
	Cerámicos	No	
	Ladrillos	No	
	Arenas	No	
	Gravas	No	
	Bloques	No	
	Material inerte	No	
	Morteros	No	
	Fragmentos de roca	No	
	Baldosines	No	
RCD No pétreos	Plásticos, PVC	No	
	Maderas	No	
	Cartón, papel	No	
	Vidrios	No	
	Otros (cartón-yeso, Drywall, llantas usadas)	No	
Residuos de carácter	Acero	No	
	Hierro	No	
	Cobre	No	

metálico	Aluminio	No	
	Zinc	No	
Residuos peligrosos	Desechos productos químicos	No	
	Pinturas	No	
	Disolventes orgánicos	No	
	Aceites	No	
	Tejas de asbesto	No	
	Plomo	No	
	Resinas	No	
	Tintas	No	
	Luminarias convencionales y fluorescentes	No	

Fuente: Propia